



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008122177/28, 02.06.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.06.2008

(45) Опубликовано: 20.10.2009 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2148837 C1, 10.05.2000. RU 2094823 C1,  
27.10.1997. JP 2007008983 A, 18.01.2007. US  
7301154 B2, 27.11.2007.

Адрес для переписки:  
620002, г.Екатеринбург, ГОУ ВПО  
"УГТУ-УПИ", Центр интеллектуальной  
собственности, Н.П. Невраева

(72) Автор(ы):

Кидибаев Мустафа Мусаевич (KG),  
Шаршеев Каныбек (KG),  
Мамытбеков Уланбек Кыдырович (KG),  
Черепанов Александр Николаевич (RU),  
Шульгин Борис Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ГОУ ВПО "Уральский государственный  
технический университет - УПИ" (RU),  
Институт физики Национальной академии  
наук Кыргызской республики  
Кыргызстан (KG)

## (54) НЕОРГАНИЧЕСКИЙ СЦИНТИЛЛЯТОР

(57) Реферат:

Изобретение относится к дозиметрической  
технике, связанной с регистрацией  
бета-излучения и электронных пучков, и  
пригодно для создания сцинтилляционных  
датчиков, используемых в комплексах и  
системах радиационного мониторинга  
подконтрольных объектов и территорий, зон  
радиационного загрязнения, а также для целей  
персональной дозиметрии в рамках

сцинтилляционного метода. Сущность  
изобретения состоит в том, что неорганический  
сцинтиллятор включает сульфаты калия,  
лития, меди и натрия при следующем  
соотношении ингредиентов, мас. %:  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  64,7-65,5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  33,3-31,5,  $\text{LiSO}_4$  1-1,5,  
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1,0-1,5. Технический результат -  
повышение световыхода при регистрации  
бета-излучения и электронных пучков  
сцинтилляционным методом.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008122177/28, 02.06.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**02.06.2008**

(45) Date of publication: **20.10.2009 Bull. 29**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, GOU VPO "UGTU-UPI",  
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, N.P.  
Nevraeva**

(72) Inventor(s):

**Kidibaev Mustafa Musaevich (KG),  
Sharsheev Kanybek (KG),  
Mamytbekov Ulanbek Kydyrovich (KG),  
Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),  
Shul'gin Boris Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet - UPI" (RU),  
Institut fiziki Natsional'noj akademii nauk  
Kyrgyzskoj respubliki Kyrgyzstan (KG)**

## (54) INORGANIC SCINTILLATOR

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention is suitable for making scintillation sensors, used in systems for radiation monitoring objects and territories, radiation pollution zones, as well as for personal metering using a scintillation method. The inorganic

scintillator contains potassium, lithium, copper and sodium sulphates in the following ratio of ingredients, wt %:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  64.7-65.5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  33.3-31.5,  $\text{LiSO}_4$  1-1.5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1.0-1.5.

EFFECT: higher light output when detecting beta-emission and electron beams using a scintillation method.

RU 2 370 788 C1

RU 2 370 788 C1

Изобретение относится к дозиметрической технике, связанной с регистрацией бета-излучения и электронных пучков, и пригодно для создания сцинтилляционных датчиков, используемых в комплексах и системах радиационного мониторинга подконтрольных объектов и территорий, зон радиационного загрязнения, а также для

Для регистрации бета-излучения и электронных пучков сцинтилляционным методом используют сцинтилляционные материалы с малым эффективным атомным номером  $Z_{эф}$ , которые обеспечивают низкое альbedo этих видов излучения, более высокую сцинтилляционную эффективность и повышенный световыход. Сцинтилляционные материалы с большим  $Z_{эф}$  не эффективны для регистрации бета-излучения и электронных пучков.

Известен неорганический сцинтиллятор на основе кристаллов LiI:Eu (Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий. / Ю.К.Акимов. М.: МГУ, 1963. 151 с.). Сцинтиллятор LiI:Eu пригоден для регистрации нейтронов и гамма-излучения. Однако известный неорганический сцинтиллятор с максимумом спектра свечения 480 нм имеет большой эффективный атомный номер  $Z_{эф}=52$ , что приводит к высокому альbedo бета-излучения и электронных пучков, и соответственно, к снижению эффективности регистрации этих видов излучения.

Известен неорганический сцинтиллятор на основе кристаллов CsI-Tl (Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий. / Ю.К.Акимов. М.: МГУ, 1963. 151 с.). Однако этот сцинтиллятор, предназначенный для регистрации гамма-излучения, обладающий свечением с максимумом при длине волны 565 нм, характеризующийся достаточной химической устойчивостью (негигроскопичен), имеет низкую эффективность регистрации бета-излучения и электронных пучков из-за большого  $Z_{эф}=54$ . Кроме того, из-за большого  $Z_{эф}$  он не пригоден для индивидуальной дозиметрии.

Известно упоминание о применении кристаллов сложного сульфата калия и натрия  $KNaSO_4:Cu^{2+}$  в качестве абсорбционного и ЭПР-детекторов рентгеновского излучения (Шаршеев К. Асимметрия окружения примесных ионов Cu в кристаллах  $KNaSO_4$ . / К.Шаршеев, Ч.Т.Ортобаева. // Проблемы спектроскопии и спектрометрии: Межвуз. сб. научных трудов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1999. Вып.1. С.59-62. Шаршеев К. Радиационные и примесные центры с переменной валентностью в кристаллах сложных сульфатов щелочных металлов. / К.Шаршеев.

Каракол-Екатеринбург: Иссык-Кульский государственный технический университет, ОАО «Полиграфист», 1999. 209 с.). Кристаллы  $KNaSO_4:Cu$  были выращены из насыщенного водного раствора при постоянной температуре 35°C с добавлением нескольких капель серной кислоты для получения pH 4-6 при следующем соотношении ингредиентов для 100 г растворителя: 66,7 г  $Na_2SO_4$  и 33,3 г  $K_2SO_4$ .

Примесь меди входила в известный состав в виде дополнительного ингредиента  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  в количестве (15 г/л), т.е. в количестве 1,5 г на 100 г растворителя.

Кристаллы сложного сульфата калия-натрия, активированного ионами меди, применялись в качестве абсорбционного дозиметра рентгеновского излучения. ЭПР- и абсорбционно-чувствительными центрами в этом сложном сульфате были ионы  $Cu^{2+}$ . Однако сцинтилляционные свойства кристаллов  $KNaSO_4:Cu$ , обеспечивающие регистрацию излучения в режиме реального времени, остались для авторов вышеуказанных работ неизвестными. В известных работах эти свойства не описаны и

не упомянуты.

Наиболее близким к заявляемому является неорганический сцинтиллятор  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  (Пат. 2148837 РФ, МПК G01T 1/20, 1/202, 3/06. / Б.В.Шульгин, Д.В.Райков, М.М.Кидибаев, К.Шаршеев, М.К.Сатыбалдиева. Заявл. 19.04.1999; опубл. 10.05.2000. Бюл. №13). Кристаллы неорганического сцинтиллятора  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  обладают синим свечением. Максимум спектра сцинтилляционной вспышки расположен при 435-445 нм, полуширина полосы люминесценции 75 нм. Длительность сцинтилляционной вспышки при  $\alpha$ -возбуждении 90 нс. Известный неорганический сцинтиллятор  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  предназначен для регистрации нейтронов и  $\alpha$ -частиц. Возможность регистрации бета-излучения и электронных пучков сцинтилляционным методом с помощью известного состава  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  в патенте РФ №2148837 не описана.

Задачей изобретения является разработка неорганического сцинтиллятора для регистрации бета-излучения и электронных пучков на основе сложных сульфатов щелочных элементов, обладающего повышенным световыходом сцинтилляций. Поставленная задача решается благодаря тому, что неорганический сцинтиллятор для регистрации бета-излучения и электронных пучков, включающий сульфаты калия, лития и сульфат меди, дополнительно содержит сульфат натрия при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  64,7-65,5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  33,3-31,5,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  1-1,5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1,0-1,5.

Сущность изобретения заключается в том, что в предлагаемом неорганическом сцинтилляторе по сравнению с известным неорганическим сцинтиллятором изменен состав сложного сульфата щелочных металлов:

в качестве ингредиентов используют не только сульфаты калия, лития и меди, в него дополнительно введен сульфат натрия. Ионы меди в виде ионов  $\text{Cu}^+$  в предлагаемом составе играют роль активаторных центров свечения. При соотношении ингредиентов, мас. %:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  64,7-65,5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  33,3-31,5,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  1-1,5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1,0-1,5 предлагаемый неорганический сцинтиллятор обладает максимальным световыходом сцинтилляций, превышающим световыход известного неорганического сцинтиллятора  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  в несколько раз.

#### Пример 1. Неорганический сцинтиллятор

Неорганический сцинтиллятор на основе сложных сульфатов щелочных металлов и сульфата меди, имеющий состав, мас. %:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  - 65,5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  - 31,5,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  - 1,5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1,5, получают путем растворения этих исходных ингредиентов в воде в соотношении 1:1. При этом образуется насыщенный водный раствор сульфатов, который нагревают до 38°C. Синтез кристаллов ведут при этой температуре методом изотермического испарения. Для обеспечения начального зародышеобразования и стимулирования роста кристаллов сложного сульфата в раствор вводят 5-7 капель серной кислоты (для получения pH 4-6). Полученные кристаллы предлагаемого неорганического сцинтиллятора размерами 6-8 мм имели форму бипирамид.

Световыход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора на основе сложных сульфатов измеряли при комнатной температуре с использованием установки КЛАВИ-Р (разработка Института электрофизики УрО РАН), генерирующей импульсные электронные пучки с энергией 150 кэВ, длительностью 2 нс и током в пучке 1000 А. Одновременно для сравнения были проведены аналогичные измерения для кристаллов известного неорганического сцинтиллятора  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  (известного по патенту РФ №2148837). Результаты измерения приведены на чертеже.

Спектр свечения предлагаемого неорганического сцинтиллятора имеет максимум при 440-450 нм, полуширина спектра ~80 нм. Быстрая по длительности компонента сцинтиимпульса предложенного сцинтиллятора имела малую амплитуду и практически не регистрировалась, длительность медленной компоненты сцинтиимпульса составляла порядка 30 мкс.

Световыход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора (Na-K-Li-сульфата, активированного медью), см. чертеж, кривая 1, в 4 раза выше, чем таковой для известного состава  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$ , см. чертеж, кривая 2.

#### Пример 2. Неорганический сцинтиллятор

Неорганический сцинтиллятор на основе сложных сульфатов щелочных металлов и сульфата меди, имеющий состав, мас.%,:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  - 64,7,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  - 33,3,  $\text{LiSO}_4$  - 1,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1, получают путем растворения этих исходных ингредиентов в воде в соотношении 1:1. При этом образуется насыщенный водный раствор сульфатов, который нагревают до 38°C. Синтез кристаллов ведут при этой температуре методом изотермического испарения свежеприготовленного насыщенного раствора. Для обеспечения начального зародышеобразования и стимулирования роста кристаллов сложного сульфата в раствор вводят 5-6 капель серной кислоты (для получения pH 4-6). Полученные кристаллы неорганического сцинтиллятора размерами 6-8 мм имели, как и в Примере 1, форму бипирамид.

Световыход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора на основе сложных сульфатов измеряли при комнатной температуре с использованием установки КЛАВИ-Р (разработка Института электрофизики УрО РАН), генерирующей импульсные электронные пучки с энергией 150 кэВ, длительностью 2 нс и током в пучке 1000 А. Одновременно для сравнения были проведены аналогичные измерения для кристаллов неорганического сцинтиллятора  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  (известного по патенту РФ №2148837). Результаты этих сравнительных измерений очень похожи на результаты, полученные в Примере 1 и приведенные на чертеже. Спектр свечения предлагаемого неорганического сцинтиллятора имеет максимум при 440-445 нм, полуширина спектра ~85 нм. Быстрая по длительности компонента сцинтиимпульса предложенного сцинтиллятора имела малую амплитуду и практически не регистрировалась, длительность медленной компоненты сцинтиимпульса составляла порядка 30 мкс. Световыход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора (Na-K-Li-сульфата, активированного медью) в 3-4 раза выше, чем таковой для известного состава  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$ .

#### Пример 3. Неорганический сцинтиллятор

Неорганический сцинтиллятор на основе сложных сульфатов щелочных металлов и сульфата меди, имеющий состав, мас.%,:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  - 65,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  - 32,  $\text{LiSO}_4$  - 1,5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1,5 получают путем растворения этих исходных ингредиентов в воде в соотношении 1:1. При этом образуется насыщенный водный раствор сульфатов, который нагревают до 38°C. Синтез кристаллов сложных сульфатов ведут при этой температуре методом изотермического испарения свежеприготовленного насыщенного раствора. Для обеспечения начального зародышеобразования и стимулирования роста кристаллов сложного сульфата в раствор вводят 5-7 капель серной кислоты (для получения pH 4-6). Полученные кристаллы неорганического сцинтиллятора размерами 6-7 мм имели, как и в случае Примера 1, форму бипирамид.

Световыход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора на основе сложных сульфатов измеряли с использованием установки КЛАВИ-Р

(разработка Института электрофизики УрО РАН), генерирующей импульсные электронные пучки с энергией 150 кэВ, длительностью 2 нс и током в пучке 1000 А. Одновременно для сравнения были проведены аналогичные измерения для кристаллов неорганического сцинтиллятора  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$  (известного по патенту РФ №2148837).

Результаты измерения очень похожи на результаты, полученные в Примере 1 и приведенные на чертеже. Спектр свечения предлагаемого неорганического сцинтиллятора имеет максимум при 440-445 нм, полуширина спектра ~85 нм. Световой выход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора (Na-K-Li-сульфата, активированного медью) выше названного состава в 3 раза выше, чем таковой для известного состава  $\text{LiKSO}_4\text{:Cu}$ . Быстрая по длительности компонента практически не регистрировалась, длительность медленной компоненты сцинтиллимпульса составляла 29 мкс.

#### Пример 4. Неорганический сцинтиллятор

Неорганический сцинтиллятор на основе сложных сульфатов щелочных металлов и сульфата меди, имеющий состав, мас.%,:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  - 64,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  - 28,5,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  - 1,5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  6, получают путем растворения этих исходных ингредиентов в воде в соотношении 1:1. При этом образуется насыщенный водный раствор сульфатов, который нагревают до 35-38°C. Синтез кристаллов сложных сульфатов ведут при этой температуре методом изотермического испарения свежеприготовленного насыщенного раствора. Для обеспечения начального зародышеобразования и стимулирования роста кристаллов сложного сульфата в раствор вводят 5-7 капель серной кислоты (для получения pH 4-6). Полученные кристаллы неорганического сцинтиллятора размерами 3-5 мм имели форму бипирамид.

Световой выход сцинтилляций для предлагаемого неорганического сцинтиллятора на основе сложных сульфатов измеряли так же, как и в Примерах 1-3. Результаты измерения отличаются от результатов, полученных в Примерах 1-3 и приведенных ранее на чертеже для Примера 1. Спектр свечения неорганического сцинтиллятора с повышенным сверх-стехиометрическим содержанием меди имеет максимум при 430-450 нм, полуширина спектра ~100 нм. Световой выход сцинтилляций для этого неорганического сцинтиллятора оказался в 1,5-2 раза ниже, чем таковой для известного состава  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}$ .

Содержание активирующего ингредиента  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , равное 1,0-1,5 мас.% (используемое в Примерах 1-3), соответствует его оптимальной концентрации, определяемой изоморфной емкостью сульфатов щелочных металлов. При большей концентрации ионов меди они не могут равномерно распределяться по узлам кристаллической решетки и вместо растворов замещения образуют различные агрегатные скопления примеси в местах внедрения. Повышенные концентрации активирующей примеси меди в местах ее агрегатных скоплений приводят к концентрационному тушению люминесценции, что существенно снижает световой выход сцинтилляций, как было зарегистрировано в Примере 4.

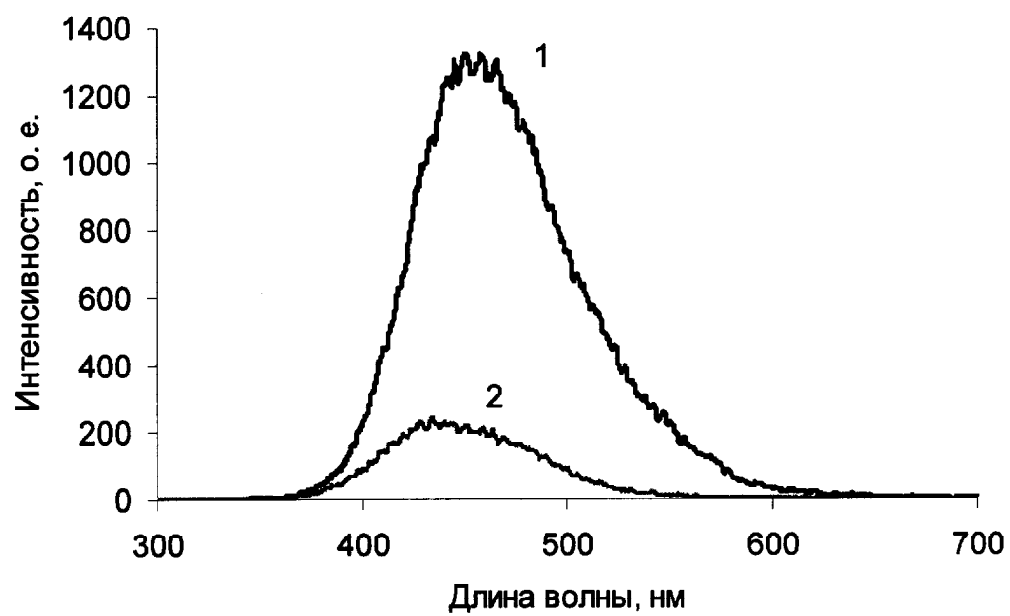
Дополнительными преимуществами предлагаемого неорганического сцинтиллятора являются его повышенная универсальность и избирательность регистрации корпускулярного излучения. Он чувствителен не только к бета-излучению и электронным пучкам, но также к альфа-излучению и тепловым нейтронам. В соответствии с ядерной реакцией  ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$  тепловые нейтроны поглощаются ядрами изотопа  ${}^6\text{Li}$  (до 7% в естественной смеси изотопов) с последующим альфа-распадом и образованием ядер трития. Благодаря образующимся альфа-частицам тепловые

нейтроны будут зарегистрированы неорганическим сцинтиллятором предлагаемого состава.

Имея невысокий эффективный атомный номер ( $Z_{эф} < 15$ ) и, соответственно, пониженный коэффициент поглощения гамма-излучения, составы неорганического сцинтиллятора на основе Na-K-Li-сульфата, активированные ионами меди, будучи изготовленными в виде кристаллических тонких пластин или пленок обеспечивают избирательную регистрацию таких видов корпускулярного излучения, как бета-излучение, электронные пучки, а также альфа-излучение на фоне электромагнитного гамма-излучения.

#### Формула изобретения

Неорганический сцинтиллятор для регистрации бета-излучения и электронных пучков, включающий сульфаты калия, лития и сульфат меди, отличающийся тем, что он дополнительно содержит сульфат натрия при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  64,7-65,5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  33,3-31,5,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  1-1,5,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1,0-1,5.







РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 370 788** <sup>(13)</sup> **C1**

Опубликовано на CD-ROM: MIMOSA XRBI 2009/29D XRBI200929D

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А** Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 03.06.2010

Дата публикации: 10.12.2011

---

RU 2 370 788 C 1

RU 2 370 788 C 1